

INTENSIDADE E TEMPO DE EXAUSTÃO A 100% $\dot{V}O_{2max}$: IMPLICAÇÕES PARA O TREINAMENTO E A PERFORMANCE

Benedito Sérgio Denadai

Laboratório de Avaliação da Performance Humana
 UNESP

Conceitos e nomenclaturas

O estabelecimento de índices que possam ser utilizados para a prescrição e controle dos efeitos do treinamento e para a predição da performance aeróbia tem merecido a atenção de vários pesquisadores (Denadai, 1999a; Coyle, 1995; Weltman, 1995). Entre os índices mais mencionados, estão o limiar de lactato, o limiar anaeróbio, a intensidade de máxima fase estável de lactato e a velocidade ou potência crítica. Mais recentemente, a intensidade de exercício associada ao consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) também tem sido proposta como um índice a ser utilizado na monitorização de atletas.

Genericamente, a $\dot{V}O_{2max}$ pode ser definida como sendo a velocidade (corrida e natação) ou a potência (ciclismo estacionário) na qual o $\dot{V}O_{2max}$ é atingido durante um teste incremental (Billat, Pinoteau, Petit, Renoux & Koralsztejn, 1995). A grande maioria dos estudos que têm determinado e analisado a $\dot{V}O_{2max}$, utilizaram a corrida como modo de exercício. Nesses estudos, diferentes nomenclaturas foram utilizadas para identificar a velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$. Daniels, Scardina, Hayes & Foley (1984) propuseram $v\dot{V}O_{2max}$, enquanto Billat, Beillot, Jan, Rochcongar & Carre (1996c) utilizaram $V_{a\ max}$ e Hill & Rowel (1997) a identificaram como V_{max} . Independente do conceito ou da nomenclatura, a $\dot{V}O_{2max}$ é o índice que melhor descreve a associação entre a potência aeróbia máxima e a economia de movimento (figura 1).

A análise da figura 1 permite que se entenda por que indivíduos podem apresentar índices similares de $\dot{V}O_{2max}$ com valores de $\dot{V}O_{2max}$ - e portanto de performance aeróbia - bem diferentes. Esta diferença é determinada pela economia de movimento e é particularmente importante na natação (figura 1B), modalidade na qual a técnica de movimento pode ser tão ou mais importante do que a potência aeróbia para a determinação do rendimento aeróbio. Outros estudos também têm verificado que a $\dot{V}O_{2max}$ pode ser um importante índice de predição da performance aeróbia durante a corrida de média (Lacour, Padilla-Magunacelaya, Barthelemy & Dormois, 1990) e de longa duração (Noakes, Myburgh & Schall, 1990).

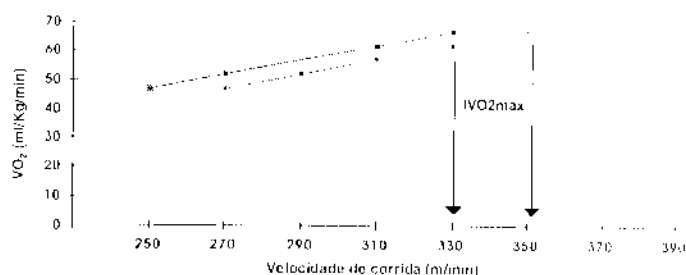


Figura 1A. Relação entre consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e velocidade de corrida em corredores com o mesmo $\dot{V}O_{2max}$ e que, em função da diferença na economia de movimento, apresentam diferentes $\dot{V}O_{2max}$.

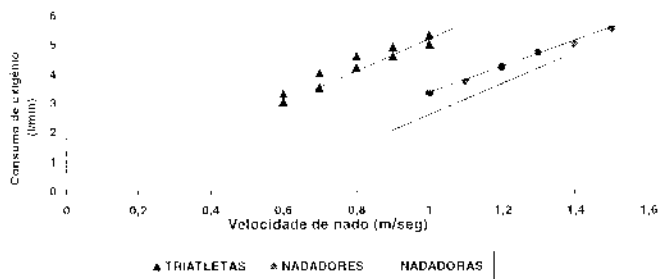


Figura 1B. Relação entre consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e velocidade de nado em triatletas, nadadores e nadadoras (adaptado de Wilmore & Costill, 1994).

Outro índice também associado ao $\dot{V}O_{2max}$ é o tempo máximo de exercício (T_{lim}) que pode ser sustentado com a mesma intensidade. Embora este índice possa ser utilizado para a prescrição do treinamento de atletas de endurance (Anderson, 1994; Billat, 1991), parece que também é possível empregá-lo para obter informações sobre a capacidade anaeróbia (Billat, Pinoteau, Petit, Renoux & Koralsztein, 1994a; Faina, Billat, Squadrone, De Angelis, Koralsztein & Dalmonte, 1997).

Valores de $\dot{V}O_{2max}$ e T_{lim}

A tabela 1 apresenta valores de $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}O_{2max}$ e T_{lim} de indivíduos com diferentes níveis de treinamento e tipos de exercício. É importante verificar a grande variabilidade interindividual para o T_{lim} ; enquanto para as demais variáveis ($\dot{V}O_{2max}$ e $\dot{V}O_{2max}$) o coeficiente de variação está entre 5 e 8%, para o T_{lim} a variabilidade é bem maior (20-45%).

Tabela 1. Valores de $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{V}O_{2max}$ e T_{lim} em indivíduos com diferentes níveis de treinamento e tipos de exercício.

SUBJEITOS	$\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	$\dot{V}O_{2max}$	P_{50} (kg)	Referência
Corredores de meio-fundo	37,7 ± 6,1	20,8 ± 1,0 km/h	367 ± 118	Billat et al. (1996c)
Corredoras universitárias	32,1 ± 7,1	16,2 ± 1,0 km/h	291 ± 61	Hill & Rowell (1996a)
Corredores recreativos	69,6 ± 4,2	21,2 ± 1,1 km/h	404 ± 101	Billat et al. (1994b)
Nadadoras de maratoneta	60,0 ± 4,0	1,51 ± 0,1 m/seg	302 ± 136	Faina et al. (1997)
Ciclistas de estrada	77,0 ± 4,0	1,91 ± 0,1 W	235 ± 91	Faina et al. (1997)

Reprodutibilidade

A utilização de índices fisiológicos na avaliação de atletas, na análise do efeito de drogas ou na suplementação nutricional exige a utilização de parâmetros que apresentem baixa variabilidade intra-individual para que se possa atribuir ao tratamento dado (treinamento, destreinamento, ingestão de droga ou suplemento) a variação entre o primeiro e os demais testes realizados. Estudos que analisaram a reprodutibilidade do $\dot{V}O_{2max}$ e da $\dot{V}O_{2max}$ têm verificado uma alta reprodutibilidade destas variáveis (Kuipers, Verstappen, Keizer, Geurten & Van Kranenburg 1985; Lindsay, Hawley, Myburgh, Schomer, Noakes & Dennis, 1996). Lindsay et al. (1996) verificaram em ciclistas altamente treinados que a variação intra-individual para a $\dot{V}O_{2max}$ medida em três testes foi, em média, de 1,1% (0,5-2,5%).

Em relação ao T_{lim} , Billat, Renoux, Pinoteau, Petit & Koralsztein (1994b) verificaram num grupo de corredores de performance moderada, que os valores obtidos entre o teste ($404 \pm 101s$) e o reteste ($402 \pm 113s$) não foram diferentes, existindo uma correlação moderadamente alta ($r = 0,86$) entre os mesmos. Encontrou-se entretanto, uma variação intra-individual entre os dois testes de 44 segundos, o que representa em média 10% do valor encontrado para o T_{lim} . Em função disto, os autores propuseram que a utilização do T_{lim} em testes de laboratório para detectar efeitos do treinamento e predição de performance em um grupo de atletas pode ser interessante. Entretanto, sua utilização para o acompanhamento de um único atleta talvez apresente limitações.

Validade

A validade da $\dot{V}O_{2max}$ para a predição da performance em provas de média e longa duração tem sido demonstrada em vários estudos que analisaram atletas com diferentes níveis de performance, gênero e tipos de exercício. Na corrida, por exemplo, a $\dot{V}O_{2max}$ foi relacionada à performance de mulheres colegiais durante um percurso de 5 Km (Cunningham, 1990); à

performance de corredores do sexo masculino nas distâncias de 1.500, 3.000 e 5.000 m (Lacour et. al., 1990); à performance de um grupo heterogêneo de corredores (homens e mulheres) de 1.500 m (Lacour, Padilla-Magunacelaya, Chatard, Arsac & Barthelemy, 1991); e também à performance de corredores do sexo masculino em provas de rua, nas distâncias de 10, 21,1 e 42,2 Km (Noakes et. al., 1990). Para o ciclismo, Lindsay et. al. (1996) simularam uma competição em laboratório e verificaram uma correlação moderadamente elevada ($r = 0,84$) entre a $\dot{V}O_{2max}$ e a performance na prova de 40 Km contra-relógio.

No que diz respeito ao T_{lim} , poucos estudos têm analisado a relação deste índice com a performance em provas com predomínio aeróbio ou anaeróbio. Assim, ainda não foi possível estabelecer conclusões mais definitivas. Entretanto, existe um número maior de informações, ainda que um pouco contraditórias, sobre as relações do T_{lim} com outros índices fisiológicos.

Billat et. al. (1995) verificaram uma correlação negativa entre o T_{lim} e o $\dot{V}O_{2max}$ em corredores de elite de longa distância. Este comportamento também foi encontrado tanto em nadadores (Faina et. al., 1997), como para um grupo de atletas - ciclistas, praticantes de canoagem, nadadores e corredores - analisados em conjunto (Billat, Faina, Sardella, Marini, Fanton, Lupo, Faccini, De Angelis, Koralsztein & Dalmonte, 1996a). Além disso, Billat et. al. (1994a) verificaram também uma correlação inversa entre o T_{lim} e a $\dot{V}O_{2max}$ em corredores de elite de longa distância.

Inicialmente estes dados sugerem que a performance na $\dot{V}O_{2max}$ é tanto maior quanto menor for o $\dot{V}O_{2max}$ (índice que reflete a aptidão aeróbia). Estas correlações inversas, entretanto, não têm sido encontradas em outros estudos conduzidos pelo mesmo grupo de autores citados anteriormente (Billat et. al., 1994b; Billat, Flechet, Petit, Muriaux & Koralsztein, 1999), sendo que Hill & Rowell (1996b) encontraram uma correlação positiva ($r = 0,76$) entre T_{lim} e $\dot{V}O_{2max}$ em corredoras universitárias.

Outros autores têm analisado a relação entre o T_{lim} e o déficit acumulado de oxigênio (DAO), que é um índice representativo da capacidade anaeróbia (Medbø, Mohn, Tabata, Bahr, Vaage & Sejersted, 1988). Hill & Rowell (1996b) encontraram uma correlação moderada ($r = 0,51$) entre T_{lim} e DAO. Do mesmo modo, Faina et. al. (1997) encontraram uma correlação moderadamente elevada entre T_{lim} e DAO em ciclistas ($r = 0,79$) e nadadores ($r = 0,81$). Nesse estudo, verificou-se que 16% da energia utilizada durante o exercício na $\dot{V}O_{2max}$ foi proveniente do metabolismo anaeróbio. Estes dados sugerem que a participação anaeróbia pode ser proporcionalmente reduzida, entretanto o T_{lim} pode ser dependente da capacidade anaeróbia e com isso ser utilizado como um índice determinante dessa capacidade.

Fatores que influenciam a $\dot{V}O_{2max}$ e o T_{lim}

Protocolos e critérios para determinar a $\dot{V}O_{2max}$

A utilização e a comparação das informações obtidas através da $\dot{V}O_{2max}$ e do T_{lim} devem ser realizadas levando-se em consideração o protocolo e principalmente o critério empregado para a determinação desses índices. Billat, Hill, Pinoteau, Petit & Koralsztein (1996b) analisaram o efeito de dois protocolos - incrementos de 1 km/h com estágios de 2min; e incrementos de 0,5 km/h com estágios de 1min - sobre a determinação da $\dot{V}O_{2max}$ e seu respectivo T_{lim} em 15 corredores de endurance. O critério utilizado para a determinação da $\dot{V}O_{2max}$ foi a menor velocidade em que o $\dot{V}O_{2max}$ foi atingido durante um teste incremental. A $\dot{V}O_{2max}$ ($20,7 \pm 1,0$; $20,8 \pm 0,9$ km/h) e o T_{lim} (345 ± 120 ; 372 ± 169 s) não foram diferentes entre o primeiro e o segundo protocolo, respectivamente. Com base nesses resultados, os autores concluíram que pequenas mudanças no protocolo não modificam a $\dot{V}O_{2max}$ e, conseqüentemente, seu T_{lim} . Já em relação aos critérios empregados para a determinação da $\dot{V}O_{2max}$, deve existir um cuidado

maior para sua utilização e eventual comparação com outros estudos.

Hill & Rowell (1996a) analisaram a influência de 5 critérios para a determinação da $\dot{V}O_{2max}$ durante a corrida em esteira:

a) $\dot{V}O_{2max}$: menor intensidade na qual o $\dot{V}O_{2max}$ foi atingido durante o teste incremental (Billat et. al., 1994a);

b) $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2max} \times C^{-1}$, onde $C = \dot{V}O_{2s} \text{ (ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}\text{)} \times V \text{ (m.min}^{-1}\text{)}$ em velocidade submáxima (Di Prampero, 1986);

c) $\dot{V}O_{2max}$: $(\dot{V}O_{2max} - \dot{V}O_{2\text{repouso}}) \times C^{-1}$, onde $C = (\dot{V}O_{2s} - \dot{V}O_{2\text{repouso}}) \times V^{-1}$ (Lacour et. al., 1990);

d) $\dot{V}O_{2max}$: relação linear entre $\dot{V}O_{2s}$ e velocidades submáximas, para extrapolar a velocidade no $\dot{V}O_{2max}$ (Daniels et. al., 1984);

e) $\dot{V}O_{2max}$: maior velocidade sustentada por pelo menos 1min durante um teste incremental (Noakes et. al., 1990).

Os resultados da $\dot{V}O_{2max}$ para cada um dos critérios podem ser encontrados na figura 2. Verifica-se que estes critérios podem gerar diferentes valores da $\dot{V}O_{2max}$ durante a corrida.

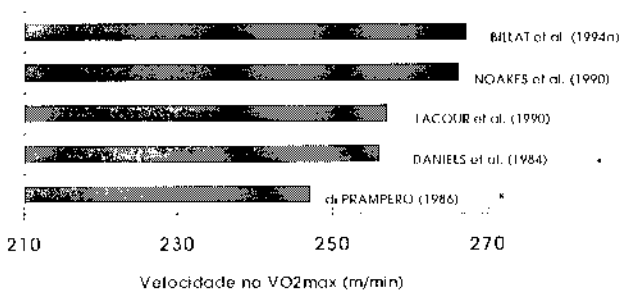


Figura 2. Valores de $\dot{V}O_{2max}$ durante o exercício na esteira, utilizando diferentes critérios para a sua determinação - * $p < 0,05$ em relação aos critérios empregados por Billat et. al., 1994a; Daniels et. al., 1984; e Noakes et. al., 1990 (adaptado de Hill & Rowell, 1996a).

Hill & Rowell (1996a) afirmam que os critérios empregados por Billat et. al. (1994a), Daniels et. al. (1984) e Noakes et. al. (1990) envolvem um componente anaeróbio para a determinação da

$\dot{V}O_{2max}$, pois esta intensidade está acima do limiar anaeróbio. Já os critérios propostos por Di Prampero (1986) e Lacour et. al. (1990) determinam intensidades de $\dot{V}O_{2max}$ que, teoricamente, podem ser sustentadas apenas pelo metabolismo aeróbio (embora 100% do $\dot{V}O_{2max}$ não possa ser atingido sem participação anaeróbia). Deste modo, poder-se-ia esperar que os dois últimos critérios (Di Prampero, 1986; Lacour et. al., 1990) determinassem valores de $\dot{V}O_{2max}$ menores que os demais critérios. Estes resultados, de um modo geral, foram confirmados no estudo de Hill & Rowell (1996a), embora a $\dot{V}O_{2max}$ proposta por Daniels et. al. (1984) não tenha sido diferente da proposta por Lacour et. al. (1990).

Hill & Rowell (1996a) indicam que não existe necessariamente um critério mais correto do que outro. Ressaltam entretanto que, dependendo da forma de utilização do índice, podem existir critérios mais adequados. Assim, para o controle dos efeitos do treinamento, os autores propõem os critérios de Di Prampero (1986) e Lacour et. al. (1990); para a prescrição da intensidade de treinamento, o critério de Billat et. al. (1994a) ou, caso não haja possibilidade da medida direta do $\dot{V}O_{2max}$, o de Noakes et. al. (1990).

Gênero

A $\dot{V}O_{2max}$ encontrada em homens é normalmente maior do que a encontrada em mulheres, particularmente na corrida e no ciclismo. Isto se deve aos menores valores de $\dot{V}O_{2max}$ e possivelmente à maior economia de movimento que os homens podem apresentar (Daniels & Daniels, 1992).

Confirmando em parte estes dados, Billat et. al. (1996c) verificaram em um grupo de corredores de elite de média distância (14 mulheres e 15 homens) que o $\dot{V}O_{2max}$ e a $\dot{V}O_{2max}$ foram significativamente maiores nos homens, embora não tenha existido diferença para a economia de movimento. Além disto, este foi o primeiro estudo a identificar que o T_{lim} não é influenciado pelo

gênero (tabela 2).

Tabela 2. Valores médios + DP de $\dot{V}O_{2max}$, $\dot{I}VO_{2max}$, $\dot{V}O_2$ a 18 km/h e T_{lim} em corredores meio-fundistas (homens e mulheres) de elite (adaptado de Billat et. al., 1996c).

	HOMENS	MULHERES	Significância
N	15	14	
$\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	77.7 ± 6.4	67.7 ± 4.2	*
$\dot{I}VO_{2max}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	90.8 ± 1.0	12.3 ± 2.7	
$\dot{V}O_2$ a 18 km/h	64.2 ± 4.7	64.2 ± 3.9	NS
T_{lim} (Seg)	367 ± 118	421 ± 129	NS

* p<0,05, NS: não significante.

Tipo de exercício

A influência do tipo de exercício sobre o T_{lim} ainda não foi muito estudada. No experimento conduzido por Billat et. al. (1996a) com 41 atletas de elite (9 ciclistas, 9 praticantes de canoagem, 9 nadadores e 14 corredores), foram analisados o T_{lim} na $\dot{I}VO_{2max}$ em seus respectivos ergômetros. O T_{lim} (ciclistas = 221 ± 91; praticantes de canoagem = 376 ± 134; nadadores = 287 ± 160; e corredores = 321 ± 84s) foi diferente apenas entre os ciclistas e praticantes de canoagem

Por outro lado, o $\dot{V}O_{2max}$ (ml.kg⁻¹.min⁻¹) foi diferente em todos os esportes, com exceção do ciclismo e da corrida, em que os índices foram iguais e apresentaram os maiores valores. Parte da diferença encontrada para o T_{lim} entre os ciclistas e praticantes de canoagem pode ser explicada pela correlação inversa encontrada entre o $\dot{V}O_{2max}$ e o T_{lim} , revelada neste e em outros estudos (Billat et. al., 1994a), e também pela maior contribuição anaeróbia durante o exercício na $\dot{I}VO_{2max}$ que os ciclistas (16%) apresentam em relação aos praticantes de canoagem (11%), como demonstrado por Faina et. al. (1997).

Referência para o treinamento intervalado

O treinamento realizado para a melhora do $\dot{V}O_{2max}$ e conseqüentemente da $\dot{I}VO_{2max}$, pode ser particularmente importante para atletas que competem em provas de média duração (2-3min até 10-15min). Para a melhora desses índices, principalmente em atletas altamente treinados, a inclusão de pelo menos uma ou duas sessões semanais de treinamento intervalado de alta intensidade parece ser indispensável (Lindsay et. al., 1996).

Um estímulo apropriado de treinamento (em termos de intensidade e volume) tem que ser baseado na capacidade individual de cada atleta a fim de evitar o treinamento ineficiente e o supertreinamento (overtraining). Apoiando-se nesse conceito, autores como Billat (1991) e Anderson (1994) têm descrito programas de treinamento intervalado baseados na $\dot{I}VO_{2max}$ e no T_{lim} . Seguindo este modelo, Billat et. al. (1999) propõem, por exemplo, um treinamento intervalado com as seguintes características: intensidade - 100% $\dot{I}VO_{2max}$; duração - 60% T_{lim} ; recuperação - ativa a 60% da $\dot{I}VO_{2max}$, com a mesma duração do estímulo; repetição - 5 vezes. Esse treinamento, realizado uma vez por semana durante 4 semanas, foi eficiente para melhorar a $\dot{I}VO_{2max}$ em corredores altamente treinados (Billat et. al., 1999).

Esse modelo baseia-se no fato de que a $\dot{I}VO_{2max}$ é a intensidade mínima para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ e mantê-lo pelo maior tempo possível. Em relação à duração (60% T_{lim}), além da individualização, esse critério permitiria que o $\dot{V}O_{2max}$ fosse atingido e sustentado no período, o que levaria à melhora do $\dot{V}O_{2max}$ e da $\dot{I}VO_{2max}$. Embora estes fatos possam estar corretos, são necessários comentários, a fim de tornar possível a proposta de diferentes modelos de treinamento intervalado objetivando a melhora da $\dot{I}VO_{2max}$, modelos que eventualmente podem ser diferentes do apontado anteriormente.

Em primeiro lugar, a $\dot{I}VO_{2max}$ não é a única intensidade a permitir que seja alcançado o $\dot{V}O_{2max}$ durante um exercício de intensidade constante, já

que em esforços submáximos (entre o limiar anaeróbio e o $\dot{V}O_{2max}$) também se atinge o $\dot{V}O_{2max}$ (Denadai, 1999b). Este fato foi confirmado em um estudo conduzido por Hill, Williams & Burt (1997), no qual se verificou que corredores exercitando-se a 92% $\dot{V}O_{2max}$ atingiram os mesmos valores de $\dot{V}O_2$ que exercitando-se a 100% $\dot{V}O_{2max}$. Bastante interessante foi o fato de o tempo necessário para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ ter sido menor a 100% $\dot{V}O_{2max}$, mas o tempo de manutenção do $\dot{V}O_{2max}$ ter sido maior a 92% $\dot{V}O_{2max}$ (tabela 3).

Tabela 3. Valores médios \pm DP do tempo necessário para atingir o $\dot{V}O_{2max}$, tempo de sustentação no $\dot{V}O_{2max}$ e do T_{lim} , durante exercício realizado a 92 e a 100% $\dot{V}O_{2max}$ (adaptado de Hill et. al., 1997).

	92% $\dot{V}O_{2max}$	100% $\dot{V}O_{2max}$	Significância
Tempo ao $\dot{V}O_{2max}$	391 \pm 156s	295 \pm 14s	ps<0.01
Tempo no $\dot{V}O_{2max}$	130 \pm 66s	92 \pm 41s	ps<0.01
T_{lim}	621 \pm 184s	390 \pm 85s	ps<0.01

Assim, intensidades submáximas (provavelmente acima de 90% $\dot{V}O_{2max}$) podem ser utilizadas no treinamento intervalado, quando o objetivo é atingir e manter o $\dot{V}O_{2max}$ durante um determinado período de tempo. Além disso, como o tempo sustentado no $\dot{V}O_{2max}$ é maior nestas intensidades submáximas, pode-se obter um maior volume (distância percorrida) mantendo-se o $\dot{V}O_{2max}$, determinando uma maior sobrecarga sobre o sistema aeróbio de produção de energia.

Em relação ao uso do T_{lim} para a individualização do tempo de exercício, deve-se observar que o tempo necessário para atingir o $\dot{V}O_{2max}$ e seu respectivo tempo de sustentação durante o exercício a 92% e a 100% do $\dot{V}O_{2max}$ apresenta uma grande variabilidade interindividual que pode afetar a precisão do emprego do T_{lim} para o controle do tempo de estímulo. Além disso, com 60% T_{lim} nem todos os atletas atingem 100% $\dot{V}O_{2max}$, o que pode indicar a necessidade de um tempo maior de estímulo para se atingir e sustentar o 100%

$\dot{V}O_{2max}$, particularmente quando se realiza a recuperação passiva, pois o metabolismo nessas condições apresenta um decréscimo maior, necessitando de um tempo maior para se ajustar o $\dot{V}O_2$ à nova intensidade de exercício.

Benedito Sérgio Denadai

UNESP - Departamento de Educação Física

Instituto de Biociências

Av. 24 A, 1515. - CEP: 13506-900

Bela Vista, Rio Claro / SP

e-mail: bdenadai@rc.unesp.br

Referências bibliográficas

ANDERSON, O. To optimize performance, train "a la Véronique". *Running Research*, Nov.-Dec., p. 1-4, 1994.

BILLAT, V. *Course de Fond et Performance*. Paris : Éditions Chiron, 1991.

BILLAT, V.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; RENOUX, J. C. & KORALSZTEIN, P. Time to exhaustion at 100% of velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and modeling of the relation time-limit/velocity in elite long distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, v. 69, p. 271-273, 1994a.

BILLAT, V.; RENOUX, J. C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B. & KORALSZTEIN, P. Reproducibility of running time to exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ in subelite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 26, p. 254-257, 1994b.

BILLAT, V.; BERNARD, O.; PINOTEAU, J.; PETIT, B. & KORALSZTEIN, P. Time to exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ and lactate steady state velocity in subelite long-distance runners. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, n. 102, p. 215-219, 1994c.

BILLAT, V.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; RENOUX, J. C. & KORALSZTEIN, P. Hipoxémie et temps limite à la vitesse aérobie maximale chez des coureurs de fond. *Canadian Journal Applied*

Physiology, n. 20, p. 102-111, 1995.

BILLAT, V.; FAINA, M.; SARDELLA, F.; MARINI, C.; FANTON, F.; LUPO, S.; FACCINI, P.; DE ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J. P. & DALMONTE, A. A comparison of time to exhaustion at $\dot{V}O_{2max}$ in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics*, n. 39, p. 267-277, 1996a.

BILLAT, V.; HILL, D. W.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, P. Effect of protocol on determination of velocity $\dot{V}O_{2max}$ and on its time to exhaustion. *Archives of Physiology and Biochemistry*, n. 39, p. 267-277, 1996b.

BILLAT, V.; BEILLOT, J.; JAN, J.; ROCHCONGAR, P.; CARRE, F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% $\dot{V}O_{2max}$ with other bioenergetic characteristics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 28, p. 1.049-1.055, 1996c.

BILLAT, V.; FLECHET, B.; PETIT, B.; MURIAUX, G. & KORALSZTEIN, J. P. Interval training at $\dot{V}O_{2max}$: effects on aerobic performance and overtraining markers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 31, p. 156-163, 1999.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, n. 23, p. 25-63, 1995.

CUNNINGHAM, L. N. Relationship of running economy, ventilatory threshold, and maximal oxygen consumption to running performance in high school females. *Research Quarterly Exercise Sport*, v. 61, p. 369-374, 1990.

DANIELS, J. A. & DANIELS, N. Running economy of elite male and elite female runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 24, p. 483-489, 1992.

DANIELS, J. N.; SCARDINA, N.; HAYES, J.; FOLEY, P. Elite and subelite female middle and long-distance runners. In: LANDERS, D. M. (Ed.). *Sports and elite performers*. Champaign (Illinois): Human Kinetics, 1984.

DENADA, B. S. Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações. Ribeirão Preto: BSD, 1999a.

_____. Determinação da intensidade

relativa de esforço: consumo máximo de oxigênio ou reposta do lactato sanguíneo. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, n. 4, p. 77-81, 1999b.

DI PRAMPERO, P. E. The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal Sports Medicine*, n. 7, p. 55-72, 1986.

FAINA, M.; BILLAT, V.; SQUADRONE, R.; DE ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J. P. & DALMONTE, A. Anaerobic contribution to the time to exhaustion at minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, n. 76, p. 13-20, 1997.

HILL, D. W. & ROWELL, A. L. Running velocity at $\dot{V}O_{2max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 28, p. 114-119, 1996a.

_____. Significance of time to exhaustion during exercise at the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *European Journal of Applied Physiology*, n. 72, p. 383-386, 1996b.

_____. Responses to exercise at the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 29, p. 113-116, 1997.

HILL, D. W.; WILLIAMS, C. S. & BURT, S. E. Responses to exercise at 92% and 100% of the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$. *International Journal Sports Medicine*, n. 18, p. 325-329, 1997.

KUIPERS, H.; VERSTAPPEN, F. T.; KEIZER, H. A. A.; GEURTEN, P. & VAN KRANENBURG, G. Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiologic correlates. *International Journal Sports Medicine*, n. 6, p. 197-201, 1985.

LINDSAY, F. H.; HAWLEY, J. A.; MYBURGH, K. H.; SCHOMER, H. H.; NOAKES, T. D. & DENNIS, S. C. Improved athletic performance in highly trained cyclists after interval training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, n. 28, p. 1.427-1.434, 1996.

LACOUR, J. R.; PADILLA-MAGUNACELAYA, S.; BARTHELEMY, J. C. & DORMOIS, D. The energetics of middle-distance running. *European Journal of Applied Physiology*, n. 60, p. 38-43, 1990.

LACOUR, J. R.; PADILLA-MAGUNACELAYA,

S.; CHATARD, J. C.; ARSAC, L. & BARTHELEMY, J. C. Assessment of running velocity at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, n. 62, p. 77-82, 1991.

MEDBØ, J. I.; MOHN, A. C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O. & SEJERSTED, O. M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated VO_2 deficit. *Journal of Applied Physiology*, n. 64, p. 50-60, 1988.

NOAKES, T. D.; MYBURGH, K. H. & SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{max}}$ test predicts running performance. *Journal Sports Science*, n. 8, p. 35-45, 1990.

WELTMAN, A. The blood lactate response to exercise. Champaign (Illinois) : Human Kinetics, 1995.

WILMORE, J. H. & COSTILL, D. L. *Physiology of sport and exercise*. Champaign (Illinois) : Human Kinetics, 1994.